



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

BRUNO TRAMONTIN

RODRIGO SCHULZ SILVEIRA

**ANALISE DE VIABILIDADE ECONOMICA DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM UM POSTO DE COMBUSTIVEL**

Tubarão

2017

BRUNO TRAMONTIN
RODRIGO SCHULZ SILVEIRA

**ANALISE DE VIABILIDADE ECONOMICA DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM UM POSTO DE COMBUSTIVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Gil Félix Madalena, Esp.

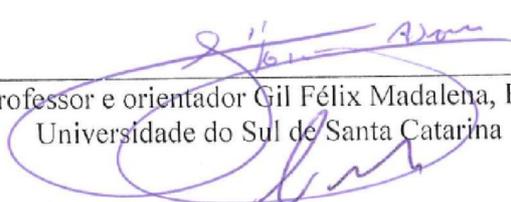
Tubarão
2017

BRUNO TRAMONTIN
RODRIGO SCHULZ SILVEIRA

**ANALISE DE VIABILIDADE ECONOMICA DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EM UM POSTO DE COMBUSTIVEL**

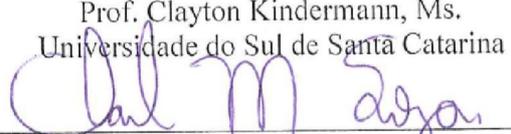
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 30 de Junho de 2017.



Professor e orientador Gil Félix Madalena, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Clayton Kindermann, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Charles Mendes de Souza, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedicamos esse trabalho primeiramente a Deus, que iluminou o nosso caminho durante essa jornada, e aos nossos familiares e amigos, que sempre nos apoiaram nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso orientador Gil Felix Madalena, por todo apoio prestado, e pelo empenho dedicado a esse trabalho que foi essencial para o desenvolvimento e conclusão do mesmo.

A todos os professores da Unisul, por todo conhecimento que nos proporcionaram e que será fundamental para o nosso processo de formação profissional.

A nossos familiares por sempre estar nos apoiando e auxiliando nos momentos difíceis.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.” (José de Alencar)

RESUMO

Devido ao aumento da demanda por energia elétrica e a escassez dos recursos naturais, aumentou a preocupação em buscar alternativas de geração de energia que causassem menor impacto ambiental possível. Dentro desse cenário, a energia fotovoltaica se torna uma excelente opção por ter como característica geração de energia limpa e renovável, além do Brasil possuir incidência de radiação favorável para esse tipo de geração. Porém essa alternativa possui um alto custo de implantação, então este trabalho tem como objetivo calcular e analisar a viabilidade econômica da utilização de um sistema de geração de energia elétrica através de um sistema de energia fotovoltaica utilizando os parâmetros da RES 482/2012 da ANEEL de modo que anule os gastos do consumidor com energia convencional. Para analisar a viabilidade econômica utilizamos os métodos de análise de investimentos mais utilizados atualmente, são eles o Payback, VPL e TIR. Analisamos os resultados e concluímos que a utilização desse sistema é economicamente viável.

Palavras-chave: energia fotovoltaica. viabilidade econômica. sustentabilidade.

ABSTRACT

Due to the increase in demand for electricity and the scarcity of natural resources, there was a growing concern about alternatives for generating energy that would have the lowest possible environmental impact. Within this scenario, photovoltaic energy becomes an excellent option to have as a characteristic of clean and renewable energy generation, besides Brazil having favorable radiation incidence for this type of generation. However, this alternative has a high cost of implementation, so this work aims to calculate and analyze the economic viability of the use of a system of electric power generation through a photovoltaic energy system used the parameters of RES 482/2012 of ANEEL so that cancel out consumer spending on conventional energy. To analyze the economic viability we use the most commonly used investment analysis methods, they are Payback, NPV and IRR. We analyze the results and conclude that the use of this system is economically feasible.

Keywords: photovoltaic energy. economic viability. sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
A-Si	Silício Amorfo
C.a.	Corrente alternada
C.c.	Corrente contínua
CdTe	Telureto de Cádmio
CERBRANORTE	Cooperativa de Eletrificação de Braço do Norte
CIGS	Cobre, Índio, Gálio e Selênio
CIS	Copper, Iridium e Selenium
CPV	Concentrator Photovoltaics
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
CSI	Current Source Inverter
DSSC	Dye Sensitized Solar Cell
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
kW	kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
MIT	Massachusetts Institute of Technology
OPV	Organic Photovoltaic
PWM	Pulse Width Modulation
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolado
C – si	Silício Cristalino
M – si	Silício monocristalino
P – si	Silício policristalino
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
VPL	Valor Presente Líquido
VSI	Voltage Source Inverter

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Orbita da terra em torno do sol.	17
Figura 2 - Radiação Solar Global Horizontal Média Anual.	18
Figura 3 - Princípio de funcionamento de uma célula fotovoltaica.	19
Figura 4 - Painel fotovoltaico tipo silício monocristalino (m-Si).....	20
Figura 5 - Painel fotovoltaico tipo silício Policristalino.(p-Si).	21
Figura 6 - Painel fotovoltaico tipo disseleneto de cobre, índio e galio (CIGS), telureto de cadmio (CdTe) e silício amorfo (a-Si).	21
Figura 7 - Painel fotovoltaico tipo CPV.	22
Figura 8 - Curva IxV Típica de um Módulo Fotovoltaico.	23
Figura 9 - Associação Série.	24
Figura 10 - Associação em paralelo	24
Figura 11 - Associação em paralelo.	24
Figura 12 - Classificação dos tipos de inversores de acordo com seu princípio de funcionamento.....	26
Figura 13 - Medidor eletrônico bidirecional	27
Figura 14 - Ilustração do funcionamento de um sistema de energia fotovoltaica conectada à rede pública.....	28
Figura 15 - Localização geográfica do posto.	32
Figura 16 - Foto do posto de combustível	33
Figura 18 - Características gerais do sistema.	36
Figura 19 - Modelo placa solar de silício policristalino da marca Canadian.	36

LISTA DE GRAFICOS

Grafico 1 - Gráfico estimativa do consumo da edificação x geração de energia dos painéis solares.....	35
Grafico 2 - Gráfico de fluxo de caixa descontado estimado e retorno do investimento..	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do consumo e custo com energia elétrica do consumidor.....	34
Tabela 2 - Fluxo de caixa do investimento.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	15
2.1	IMPORTÂNCIA DE INVESTIR EM PROJETOS SUSTENTAVEIS.....	15
2.2	ENERGIA FOTOVOLTAICA	16
2.2.1	Radiação Solar.....	16
2.2.2	Efeito Fotovoltaico.....	18
2.2.3	Tipos de células.....	19
2.2.4	Módulos fotovoltaicos	22
2.2.5	Inversores	25
2.2.5.1	Classificação dos inversores.....	25
2.2.5.2	Inversores comutados pela rede (para SFCR).....	26
2.2.5.3	Inversores autocomutados	26
2.2.6	Medidor Bidirecional	27
2.2.7	Resolução 482/2012 (ANEEL)	27
2.2.8	Sistema fotovoltaico conectado à rede.....	28
2.3	VIABILIDADE ECONOMICA DE PROJETOS.....	29
2.3.1	Taxa mínima de atratividade (TMA)	29
2.3.2	Payback	30
2.3.3	Valor presente líquido – VPL.....	30
2.3.4	Taxa interna de retorno – TIR.....	31
3	ESTUDO DE CASO	32
3.1	APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	32
3.2	LEVANTAMENTO DE DADOS DO LOCAL DO ESTUDO.....	33
3.2.1	Gasto do consumidor com energia elétrica	33
3.3	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PROPOSTO.....	34
3.3.1	Orçamento.....	36
3.4	CALCULO DE VIABILIDADE ECONOMICA	37

3.4.1	PAYBACK SIMPLES E DESCONTADO.....	37
3.4.2	VALOR PRESENTE LIQUIDO – VPL	39
3.4.3	TAXA INTERNA DE RETORNO – TIR	40
4	ANALISE DOS RESULTADOS	41
4.1	ANALISE DO SISTEMA.....	41
4.2	ANALISE ECONÔMICA	41
5	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Analisando o Plano Nacional de Energia (EPE, 2007), podemos destacar que há uma projeção de um aumento significativo no consumo de energia elétrica no Brasil durante o período de 2010 a 2030, esse aumento é estimado em cerca de 90% do consumo inicial do mesmo período, isso nas condições menos favoráveis. Devido a isso, se faz necessário procurar por novas fontes de energia. Com as diversas mudanças climáticas e o aquecimento global, há necessidade de optar por fontes de energia que causem menor impacto ambiental possível.

Atualmente, a principal fonte de energia no Brasil provem das Usinas Hidrelétricas que chegam a 60% (ANEEL, 2017) que apesar de ser considerada renovável, sua implantação causa muito impactos ambientais proveniente dos alagamentos de grandes áreas. (EPE, 2013)

A energia elétrica convencional apresenta uma elevação de custo de produção superior à inflação. (CHAVAGLIA NETO; FILIPE; 2011)

Sendo assim, como a uma grande demanda de energia elétrica e também uma grande preocupação com o meio ambiente, a energia fotovoltaica é uma excelente opção para diversificar e aumentar a oferta de energia elétrica no país, porém a necessidade de verificar em todos os casos se é viável para as empresas investir na mesma, pois apesar de todas as suas vantagens ela possui um alto custo inicial de implantação.

Para poder avaliar se o investimento nesses projetos é realmente viável existem muitas técnicas, porém, nesse trabalho aplicaremos métodos de análise de viabilidade de projetos mais utilizados atualmente, e que possuem boa confiabilidade, são eles o Payback (prazo de retorno do investimento atual), o VPL (Valor presente líquido) e a TIR (Taxa interna de retorno).

1.1 JUSTIFICATIVA

Um das escolas de maior renome no mundo, a Massachusetts Institute of Technology (MIT) nos EUA, constatou através de um estudo que houve um aumento significativo de empresas integrando sustentabilidade em seus negócios, porém, poucas conseguem obter retorno lucrativo.

A energia fotovoltaica é uma excelente opção para diversificar a matriz energética do país de forma limpa, porém o investimento para instalar essa tecnologia na edificação é considerado alto, devido a isso se faz necessário realizar um estudo aprofundado para verificar se o sistema é viável. Além de estar contribuindo com o meio ambiente ao utilizar uma energia limpa o consumidor estará conseguindo diminuir seus custos com energia elétrica, já que a tendência da mesma é cada vez mais elevar suas taxas, fazendo com que a longo prazo ele obtenha benefícios financeiros.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é conhecer os princípios básicos de energia elétrica fotovoltaica através de uma revisão bibliográfica especializada, verificando o custo e a viabilidade econômica da instalação deste sistema para compensação dos gastos com energia convencional em um empreendimento com consumo consideravelmente alto de energia, conseguindo benefícios financeiros e a produção própria de energia limpa e sustentável.

1.2.2 Objetivos específicos

Com o intuito de atender o objetivo geral deste estudo, foram designados como objetivo específico:

- Fazer uma revisão bibliográfica sobre o sistema de energia fotovoltaica e métodos de análise de investimentos;

- Pesquisar sobre normas, regulamentações e funcionamento dos painéis fotovoltaicos.

- Fazer um estudo de viabilidade econômica para implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede pública em um posto de combustível.

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

A pesquisa quanto aos seus objetivos, é de caráter exploratório que do ponto de vista de GIL (2010, p. 27):

As pesquisas exploratórias têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Seu planejamento tende a ser bastante flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado. Pode-se afirmar que a maioria das pesquisas realizadas com propósitos acadêmicos, pelo menos num primeiro momento, assume o caráter de pesquisa exploratória, pois neste momento é pouco provável que o pesquisador tenha uma definição clara do que irá investigar.

Quanto aos procedimentos trata-se de uma pesquisa bibliográfica, que como descrito por Gil (2002 pg. 59), “é desenvolvida com base em material já elaborado, construído principalmente de livros e artigos científicos.” De modo que haja maior entendimento com assuntos relacionados à energia fotovoltaica e análise de viabilidade projetos.

Em relação ao método, este trabalho trata-se de um estudo de caso, que para (YIN, 2001 p. 33). “Um estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Assim o estudo de caso foi considerado o método ideal para utilizar nesse estudo.

Quanto a abordagem será uma pesquisa de natureza quantitativa que segundo (PRODANOV; FREITAS, 2013) tudo pode ser quantificável, traduzindo números, opiniões e informações em análises e classificações. Assim, será verificado a viabilidade do projeto, com análise dos resultados obtidos e suas respectivas conclusões.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 IMPORTÂNCIA DE INVESTIR EM PROJETOS SUSTENTAVEIS

Como a grande degradação do meio ambiente, escassez de recursos naturais e conseqüentemente as mudanças climáticas ameaçam a existência da humanidade. Gerando um aumento na pressão sobre o ser humano para cada vez mais se preocupar em adotar medidas sustentáveis. (Hawken; Lovins, 1998)

A Sustentabilidade é a “qualidade de se manter constante ou estável, por longo período” (FERREIRA, 1994 apud FIGUEIREDO, s.d). Podemos definir então como a otimização dos recursos naturais e redução dos impactos ambientais de forma que consiga suprir as necessidades do presente sem que comprometa o futuro. (ELETROBRAS, 2010)

Segundo Belem (2006), Para se conseguir progresso com sustentabilidade é necessário que a sociedade como um todo se conscientize pensando a longo prazo. Já GUERRA (2014), defende que para que ocorra desenvolvimento sustentável é necessário haver um equilíbrio entre as questões ecológicas, econômicas, sociais e políticas.

Para as empresas, investir em sustentabilidade traz ótimos benefícios, pois além de estar contribuindo para a preservação do meio ambiente, que é um tema muito discutido atualmente, isso também traz uma imagem positiva para a mesma em relação à sociedade. Segundo (Lemme 2010), investir em sustentabilidade gera oportunidades e valor para empresa, e também contribui para melhoria na qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

Cada vez mais a sustentabilidade está se tornando mais importante no contexto econômico e as empresas que não se preocupam e/ou não investem nisso, correrão grandes riscos de perderem mercado futuramente. Conforme QUADROS E TAVARES (2014, p. 46):

Diversos estudos apontam a sustentabilidade como peça fundamental da inovação. Reduzir a quantidade de matérias primas usadas na produção ou repensar processos para eliminar o impacto ambiental de certas substâncias traduzindo-se, cada vez mais, em melhoria nos indicadores financeiros da empresa. Em um futuro próximo, as empresas que não adotarem práticas sustentáveis não conseguirão mais competir no mercado.

As empresas que levam em consideração além dos resultados financeiros os impactos que elas causam na sociedade e no meio ambiente, elas podem criar um diferencial frente as suas concorrentes. (Lins e Zylbersztajn 2010)

2.2 ENERGIA FOTOVOLTAICA

O energia fotovoltaica foi descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, onde o mesmo observou o geração de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica ocasionado pela absorção de luz. Porém foi posto em prática somente em 1950 quando foi criada a primeira célula fotovoltaica. (CRESESB 2014)

2.2.1 Radiação Solar

A radiação solar é a denominação dada a toda energia emitida pelo sol, essa fonte de energia é a maior disponível na terra e ela é necessária para que ocorra muitos processos químicos e biológicos.

A densidade média da irradiação solar antes da sua entrada na atmosfera é de 1,4 quilowatts por metro quadrado. Esse é um valor médio e é chamado de constante solar (CABIROL, 1985). Porém a energia na superfície da terra não equivale a esse valor, pois durante sua trajetória ela recebe interferências como: variação da atividade solar, variação da distância entre a terra e o sol, ângulo zenital, declinação solar, latitude, ângulo horário e condições do céu. (SCHOFFEL, 2016)

Além disso, “As nuvens, os gases, partículas atmosféricas e a superfície refletem cerca de 30% da radiação incidente no topo da atmosfera. Os 70% restantes são absorvidos [...] pelo sistema Terra-Atmosfera” afirma Pereira (2006, p. 14)

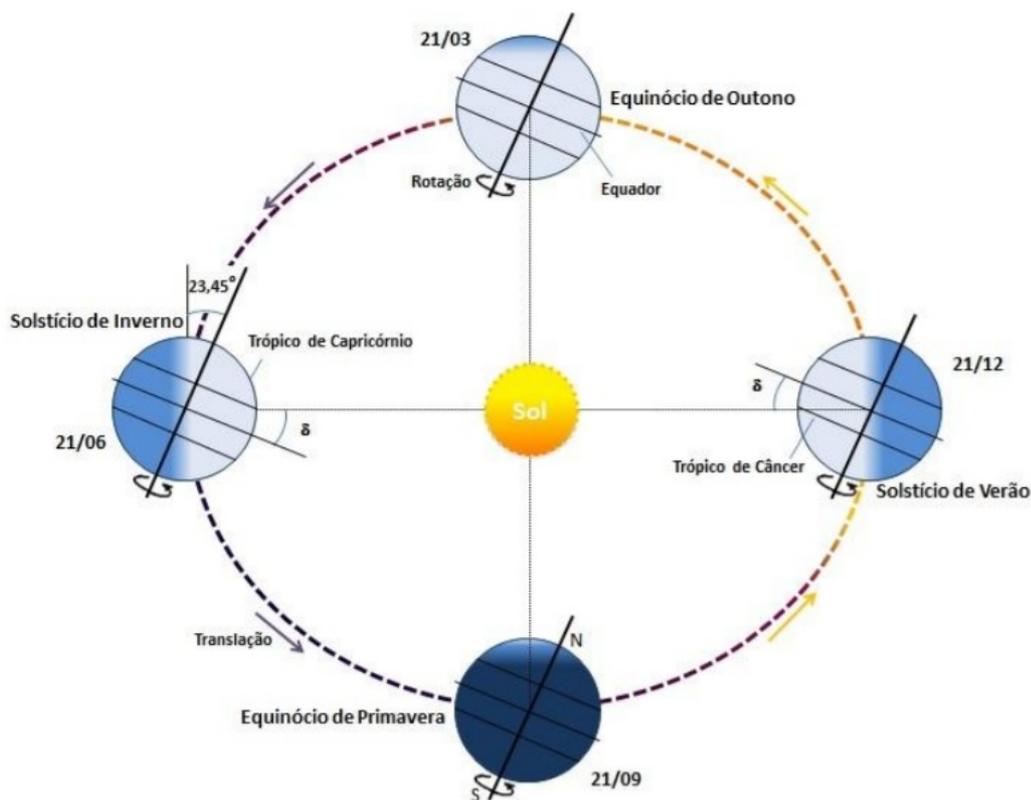
O valor da radiação solar que chega a superfície do planeta é conhecido como radiação global. Esse valor é composto por uma fração solar direta e outra difusa. A direta é a que chega a superfície terrestre sem a interferência de direção. Já a difusa é a que é espalhada pelos gases que compõe a atmosfera. (FILHO, 2010, pg. 88)

A Terra recebe anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia solar, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Este fato vem indicar que, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, possui também uma grande capacidade energética. O sol é responsável pela origem grande maioria das fontes de energia. (ANEEL, 2005, p.29; CRESESB, 2004).

O nosso planeta, em seu movimento anual em torno do Sol (translação), descreve em trajetória elíptica em um plano inclinado de aproximadamente $23,5^\circ$ com relação ao plano equatorial. Esta inclinação faz com que ocorra variações na posição do sol no horizonte no

mesmo horário ao longo do ano, e conseqüentemente ocasiona as diferentes estações, isso faz com que a grande diferença na radiação nos diferentes períodos do ano, como podemos ver Figura 1. (CRESESB, 2014, p.69).

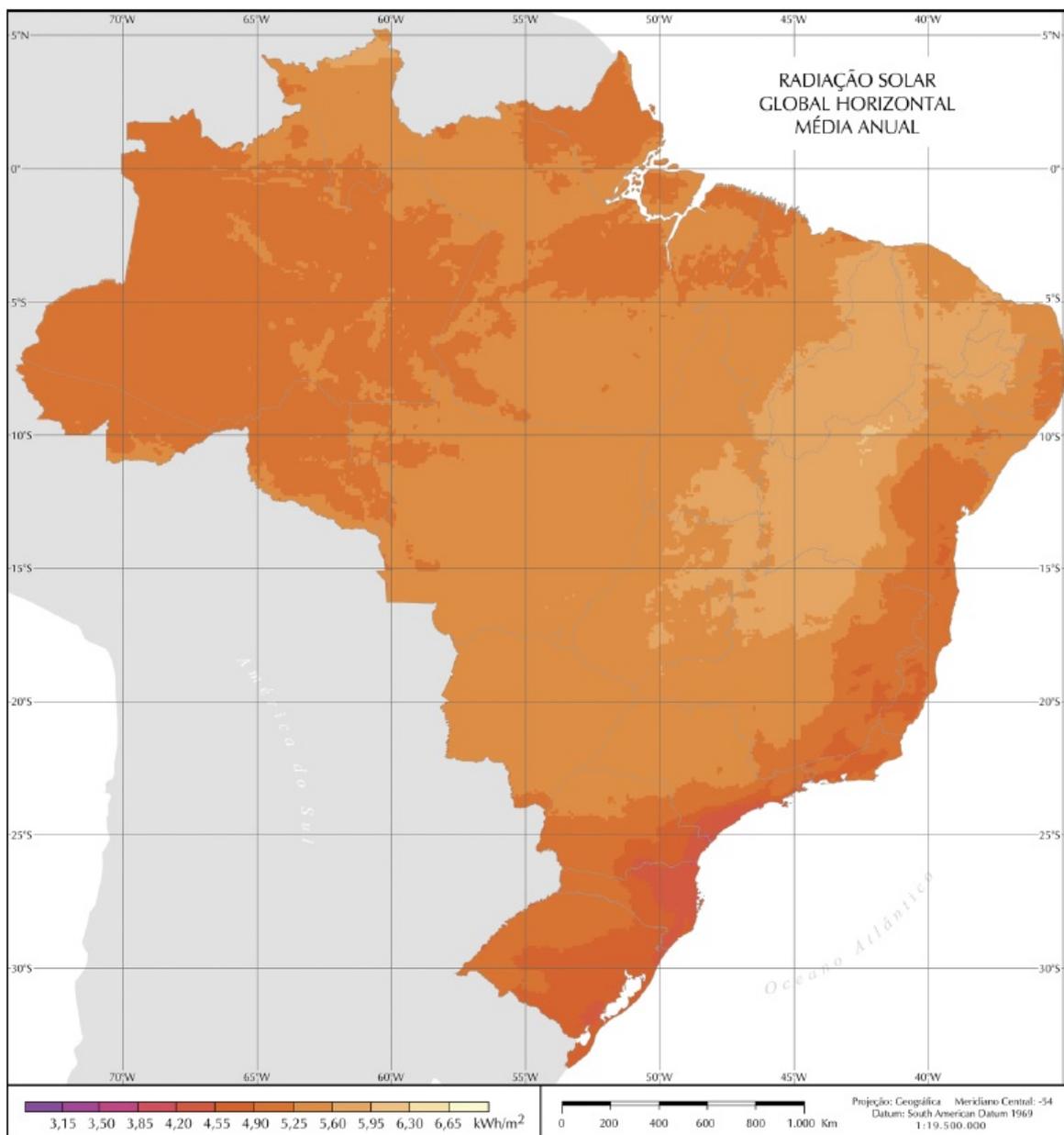
Figura 1 - Órbita da terra em torno do sol.



Fonte: CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, 2014.

O Brasil é um país que possui grande potencial de radiação solar conforme pode ser visto na figura 2, o que possibilita que a energia fotovoltaica ganhe espaço na matriz energética nacional.

Figura 2 - Radiação Solar Global Horizontal Média Anual.



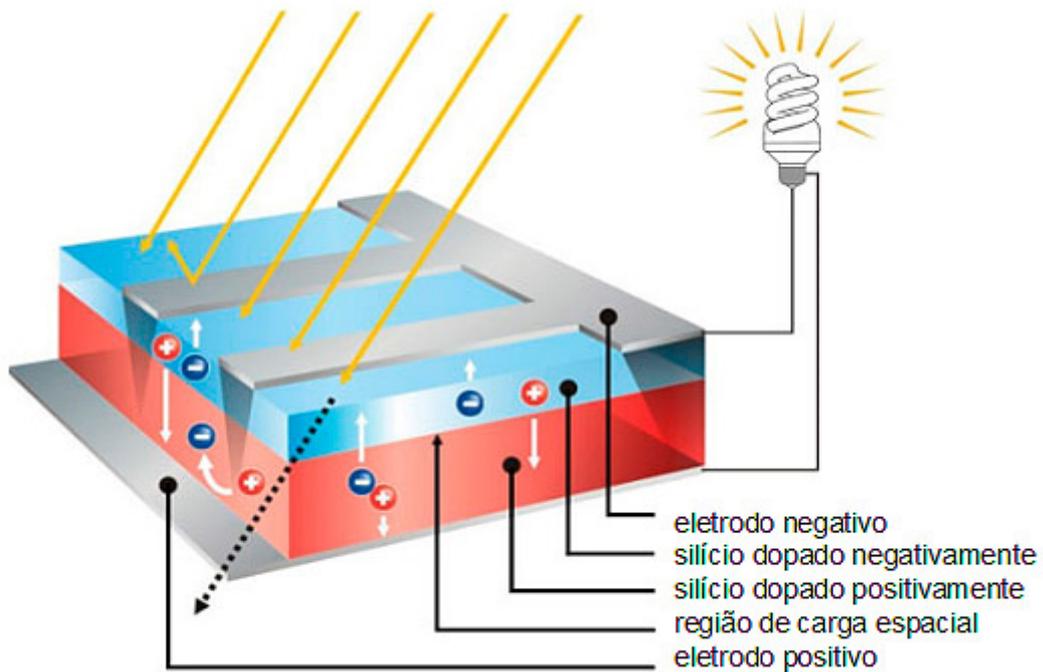
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006.

2.2.2 Efeito Fotovoltaico

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão direta de luz através de uma material semicondutor. A luz solar é carregada de fótons, e a célula do painel solar que é constituído por um material semicondutor em uma junção positivo-negativo possui elétrons,

então, quando a luz solar carregada de fótons entra em contato com esse material surge uma diferença de potencial entre a junção p-n, esse processo é chamado de efeito fotovoltaico ou então efeito fotoelétrico, como podemos ver na ilustração da Figura 3. (ELETROBRÁS, 1993, p.13)

Figura 3 - Princípio de funcionamento de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Fotovoltec Sistemas Fotovoltaicos

Molina (2015) explica esse efeito da seguinte forma:

Os dispositivos que transformam a luz solar em eletricidade são compostos de material semicondutor (silício), sendo a ele adicionadas substâncias denominadas dopantes a fim de criar a possibilidade para que se estabeleça a movimentação eletrônica quando da introdução de energia luminosa contida na radiação solar incidente, resultando em corrente contínua.

2.2.3 Tipos de células

Os tipos de células utilizadas na produção de módulos fotovoltaicos compõem-se em sua grande maioria pelo silício como matéria prima que é o segundo material mais

abundante do planeta, e são classificadas em quatro gerações. Variando entre material utilizado, processo de fabricação e eficiência de custo. (CRESESB 2014)

A primeira para Rüter (2004, p.22) a tecnologia mais habitual e que é a mais utilizada no âmbito comercial, em 2010 86,1% (PHOTON INTERNATIONAL, 2011), o Silício Cristalino (*c-Si*) concretizou-se no mercado mundial fotovoltaico pela sua credibilidade e garantia. O preço de produção destas placas é muito elevado, por ser usada tecnologia de laminas cristalinas, deste modo em condições de redução o seu custo de fabricação já está praticamente esgotada. Porém o *c-Si* continua sendo o mais utilizado em aplicações terrestres de qualquer escala, o espaço ocupado pelos módulos fotovoltaicos é o que oferece maior eficiência de conversão. (EPIA, 2008).

A segunda e uma das mais utilizadas comercialmente e que é derivada da primeira é constituída pelo silício monocristalino (*m-Si*) e o silício policristalino (*p-Si*) e são conhecidas por serem muito eficientes variando entre 11 a 20%, porém tem custo elevado da sua fabricação. As suas diferenças entre si são poucas e se encontram na parte da fundição dos cristais no processo de fabricação. No silício policristalino (*p-Si*) os cristais de silício são fundidos em um bloco de forma, fazendo assim a preservação de múltiplos cristais. Depois esse bloco é cortado e fatiado podendo ser observado a formação múltipla de cristais. Em seguida ao processo de fundição, eles são cortados em blocos quadrados e, em seguida fatiados em células bem como no silício monocristalino (*m-Si*) mas só que mais fácil de produzir. Estes são parecidos com os de um único cristal (monocristalino) tanto na eficácia como na deterioração, exceto que a eficiência das células é menor. (CRESESB 2014)

Figura 4 - Painel fotovoltaico tipo silício monocristalino (*m-Si*).



Fonte: Enel soluções.

Figura 5 - Painel fotovoltaico tipo silício Policristalino.(p-Si).



Fonte: Portal solar.

A terceira é a dos filmes finos e é constituída pelo disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e galio (CIGS), telureto de cádmio (CdTe) e silício amorfo (a-Si). Esta tem sua eficiência variando entre 4 a 8% e foi criada com intuito de diminuir o custo da produção. Esta tecnologia utiliza capas finas com material fotoativo sobre o vidro ou uma película flexível com silício amorfo, cobre – seleneto – gálio – índio ou telureto de cádmio como semiconductor, mas no entanto a eficiência de conversão de energia é menor comparado ao primeiro tipo. (CRESESB 2014)

Figura 6 - Painel fotovoltaico tipo disseleneto de cobre, índio e galio (CIGS), telureto de cádmio (CdTe) e silício amorfo (a-Si).



Fonte: Blogspot riquezasolar.

A quarta ainda está em fase de pesquisa e devido a isso possui um altíssimo custo, porem possuem maior eficiência comparada com as outras gerações podendo variar entre 26 a 42% e é constituída por célula fotovoltaica multijunção ou célula fotovoltaica pra concentração (CPV), células sensibilizadas por corante (DSSC) e células orgânicas ou poliméricas (OPV). (CRESESB 2014)

Figura 7 - Painel fotovoltaico tipo CPV.



Fonte: Antonio Sergio Ribeiro da Silva.

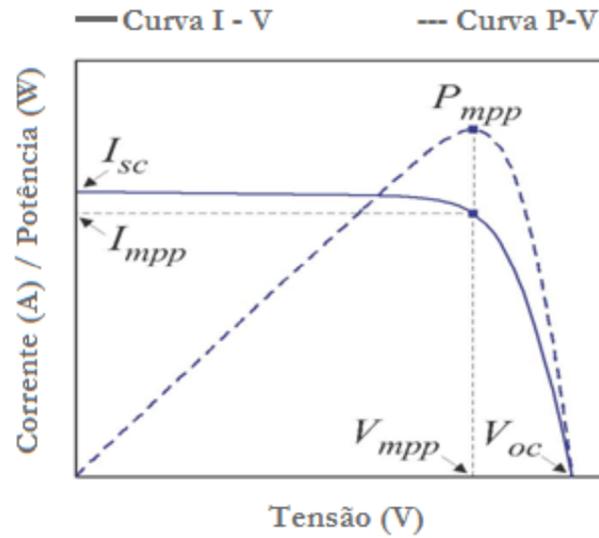
2.2.4 Módulos fotovoltaicos

O módulo fotovoltaico nada mais é que o conjunto de células fotovoltaicas e que formam uma ou mais placas fotovoltaicas. Nele consiste uma estrutura montada em quadro, encapsulada geralmente de alumínio e é interligado eletricamente entre si podendo ser em série ou em paralelo. (CRESESB 2014)

As curvas características dos módulos fotovoltaicos são essenciais para um dimensionamento adequado da usina fotovoltaica. Normalmente essas curvas são fornecidas através dos datasheet das placas pelo fornecedor.

Na figura 8 é possível observar a demonstração das curvas denominadas IxV, com seus principais pontos relevantes.

Figura 8 - Curva IxV Típica de um Módulo Fotovoltaico.



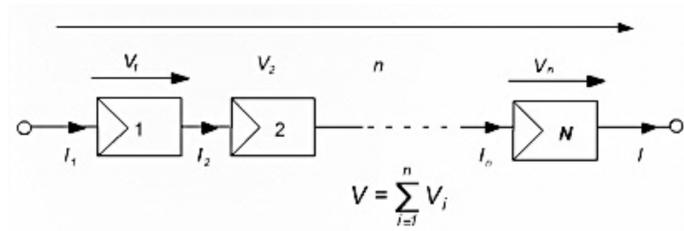
Fonte: CRESESB.

I_{sc} — Corrente de curto circuito;
 I_{mpp} — Corrente de máxima potência;
 V_{oc} — Tensão de circuito aberto;
 V_{mpp} — Tensão de máxima potência;
 P_{mpp} — Ponto de máxima potência;

Existem três formas que se podem organizar os módulos, sendo que de acordo com a organização poderá se obter maiores valores de corrente e tensão. O arranjo com os módulos podem ser em série, paralelo e misto. Se fizermos a ligação do tipo em fileiras (strings), poderá futuramente liga-las em paralelo com outras fileiras e assim dando origem a ligação mista.

Na figura 9 poderá se observar a extensão de cada um nos valores de corrente e tensão.

Figura 9 - Associação Série.



$$E_{TOTAL} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n \text{ [V]}$$

$$U_T = U_1 + U_2 + \dots + U_n = n \times U = \dots \text{ [V]}$$

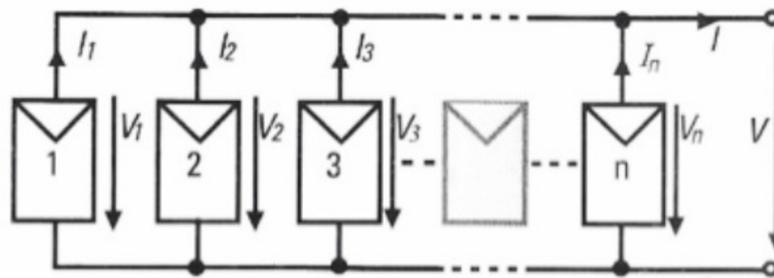
$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n = \dots \text{ [A]}$$

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = \dots \text{ [W]}$$

$$P_{TOTAL} = U_{TOTAL} \times I_{TOTAL} = \dots \text{ [W]}$$

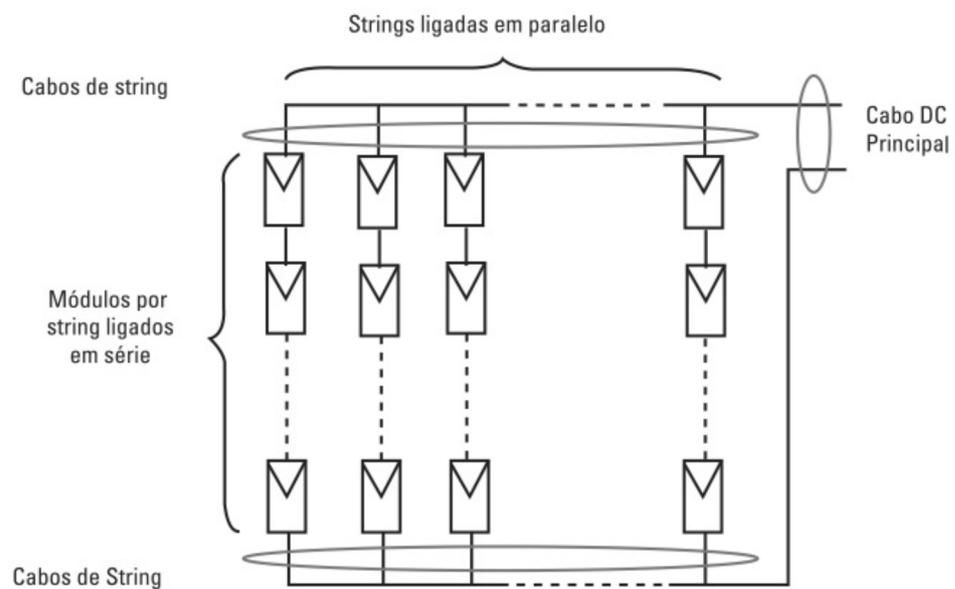
Fonte: CRESESB.

Figura 10 - Associação em paralelo



Fonte: CRESESB.

Figura 11 - Associação em paralelo.



Fonte: CRESESB.

Na associação mista é possível obter valores maiores de corrente e tensão.

2.2.5 Inversores

O inversor é um aparelho eletrônico que transforma a corrente contínua (c.c.) em corrente alternada (c.a.), podendo estar recebendo esta energia tanto de geradores eólicos, módulos fotovoltaicos, baterias ou células a combustível. A qualidade do inversor está diretamente ligada à eficiência energética e ao custo do sistema. No caso de sistemas ligados à rede elétrica (On Grid) do município, a tensão que sai do inversor necessita ser sincronizada com a tensão da rede que vem da concessionária que é de 60HZ em todo território nacional. (CRESESB 2014)

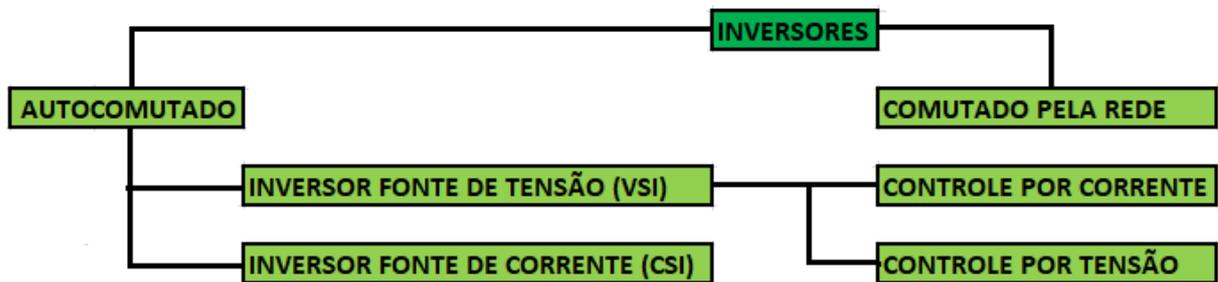
Existem variados tipos de inversores, mas para sistemas fotovoltaicos são basicamente divididos em dois grupos com relação a sua aplicabilidade: SFIs e SFCRs. Apesar de estes terem o mesmo princípio de funcionamento o que os difere são característica específica para acatar as normas das concessionárias de fornecimento de energia elétrica em termos de segurança e confiabilidade da energia depositada na rede. (CRESESB 2014)

Inversores com potência acima de 5KW costumam exigir ligações trifásicas ou monofásicas em associação trifásica. Ao longo das décadas e com a tecnologia avançando cada vez mais, hoje podemos encontrar no mercado inversores com eficiência de até 99%. (CRESESB 2014)

2.2.5.1 Classificação dos inversores

Os inversores de acordo com o seu princípio de funcionamento podem ser encontrados de duas formas: comutados pela rede (comutação natural) e autocomutado (comutação forçada). A figura 12 indica a classificação dos inversores por princípio de funcionamento. (CRESESB 2014)

Figura 12 - Classificação dos tipos de inversores de acordo com seu princípio de funcionamento.



Fonte: CRESESB.

2.5.5.2 Inversores comutados pela rede (para SFSCR)

Os inversores primários usavam tiristores como meios de chaveamento, que são aparelhos semicondutores, adequadas para tolerar altas tensões e correntes.

O aparelho só é impelido ao corte quando a corrente que passa por ele for menor que a chamada corrente de manutenção de condução, ou no momento que existir uma inversão de polaridade entre anodo e catodo. Conforme a mudança do estado de deslocamento para o estado de corte que é controlado pelo circuito de potência, o inversor a tiristor são nomeados inversores comutados pela rede. Embora potentes e simples, a baixa condição de tensão e corrente de saída, necessita a utilização de circuitos de filtragem difíceis, onerosas e que causam perdas. Com o aparecimento de novos aparelhos de chaveamento (MOSFET, IGBT), o uso de inversores a tiristor vem sendo diminuída a unidades de potência elevada (acima de 100KW) e chaves de motores elétricos de amplo porte. (CRESESB 2014)

2.5.5.3 Inversores autocomutados

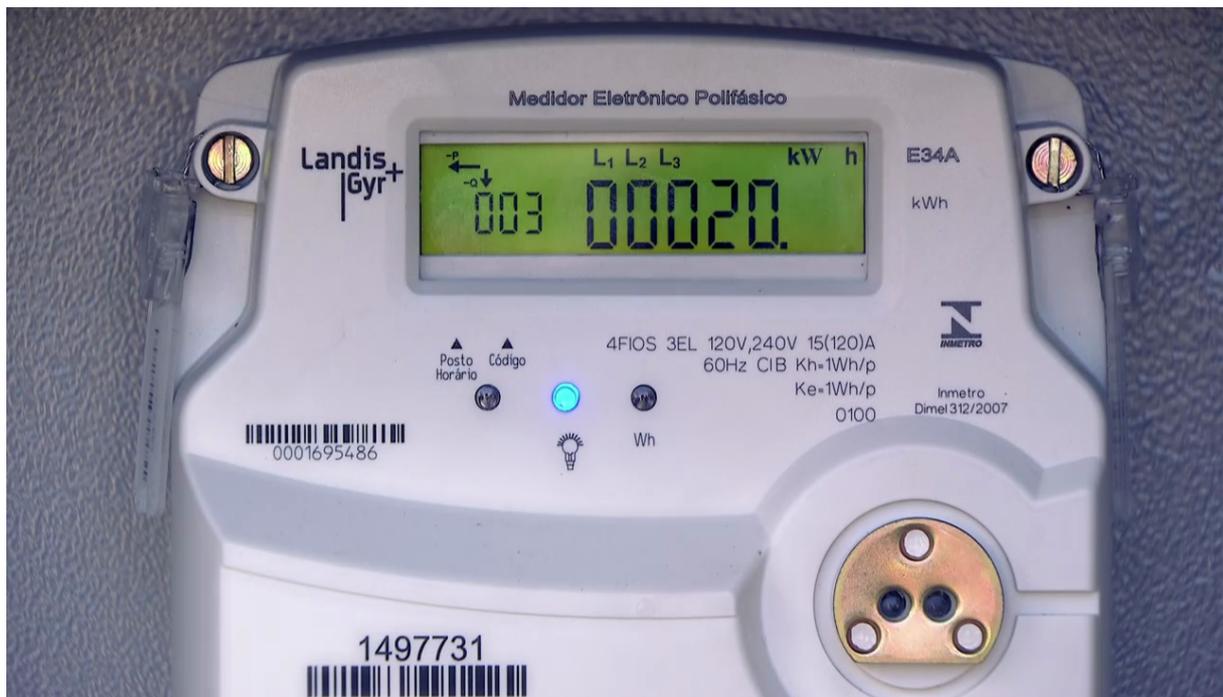
Com os inversores autocomutados a mudança de fornecimento para corte pode ser feita a qualquer momento por um terminal de comando. Dependendo a agilidade de acionamento e das condições de potência e tensão, são usados IGBTs ou MOSFETs nos inversores. Esses aparelhos funcionam com a tática de domínio da modulação por largura de pulso (PWM), o que admite uma melhor propriedade sobre a configuração de onda e o valor de tensão de saída. Para os inversores autocomutados existem os do tipo fonte de corrente (CSI) ou fonte de tensão (VSI). Na forma de fonte de tensão, a mais utilizada em aparelhos de conversão fotovoltaica, o domínio é feito por tensão ou corrente, variando conforme a grandeza de saída usada como referência. Devido sua confiabilidade devida variações na rede

e devido à praticidade no controle do fator de potência, o controle por corrente é utilizado na grande maioria dos modelos SFCRs, enquanto que a influência por tensão é empregado especialmente em inversores SFIs. (CRESESB 2014)

2.2.6 Medidor Bidirecional

Quando o sistema de energia fotovoltaica for conectado à rede pública, o consumidor deverá substituir o medidor unidirecional existente por um medidor eletrônico bidirecional como na figura 13, ele é um equipamento que mede e registra a energia ativa em ambos os sentidos de fluxos, onde um é o que o sistema fotovoltaico está injetado na rede e outro o que está sendo consumido, e estes são totalizados em diferentes registradores. (CELESC, 2015)

Figura 13 - Medidor eletrônico bidirecional



Fonte: Etormann Blogspot

2.2.7 Resolução 482/2012 (ANEEL)

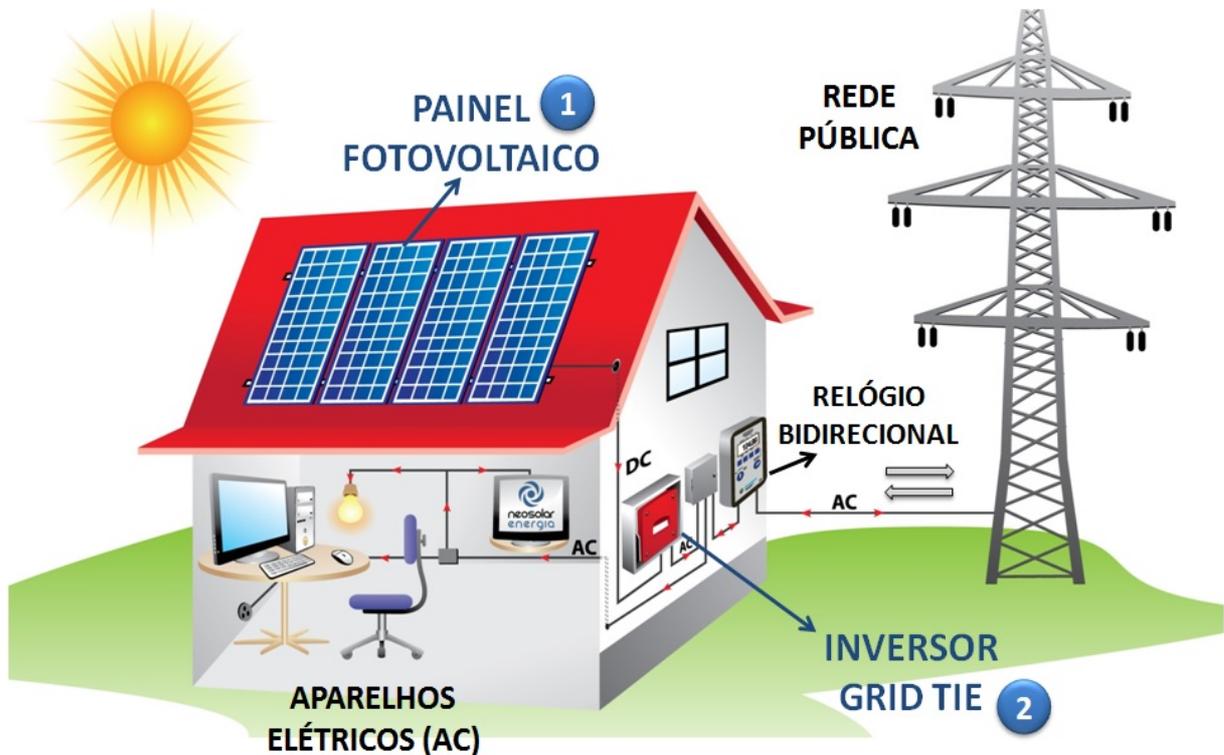
A ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) em 14 de dezembro de 2012 pôs em vigor a RESOLUÇÃO 482/2012.

Essa resolução tornou o uso de energia fotovoltaica muito mais viável, pois ela estabeleceu condições gerais para o acesso de minigeração e microgeração de energia e do sistema de compensação, onde toda energia excedente ao consumo gerado possa ser injetado na rede da concessionária local, convertendo em créditos que podem ser utilizados nos meses em que a geração for menor que o consumo da edificação.

2.2.8 Sistema fotovoltaico conectado à rede

Após a RESOLUÇÃO 482/2012 entrar em vigor, surgiram os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, fazendo com que o sistema de geração fotovoltaica trabalhe em conjunto com a rede de energia elétrica da concessionária, onde a energia gerada é consumida diretamente ou então inserida na rede de energia convencional. Dispensado assim sistemas de armazenamento de energia como ilustra a figura 14. (CRESESB 2014)

Figura 14 - Ilustração do funcionamento de um sistema de energia fotovoltaica conectada à rede pública.



Fonte: NeoSolar

2.3 VIABILIDADE ECONOMICA DE PROJETOS

Projetos de investimento é caracterizado por possuir inicialmente fluxos de caixa negativos e posteriormente fluxo de caixa positivos. (BISCHOFF, 2013)

Não existe investimento cem por cento seguro, porem quanto melhor você planeja-lo menor o risco de obter resultados inesperados. (Hoji, 2012). Por isso há necessidade de verificar todas as condicionantes do projeto para diagnosticar se o mesmo é viável.

De um modo geral podemos para atestar que viabilidade econômica de um projeto está relacionado com a vida útil do mesmo com o tempo de retorno dos investimentos. (BERNAL e PASCALICCHIO, 2012)

Para Martins (1996, p.433), “Custo de Oportunidade significa o quanto alguém deixou de ganhar por ter adotado uma alternativa em vez de outra...”

Correia Neto, Moura e Forte (2002), afirmam que “O resultado final das análises de viabilidade econômica pode ser expresso sob a forma de TIR, VPL, custo anual, períodos de recuperação Payback [...]”

Os métodos propostos levam uma empresa a aceitar projetos que possuam as seguintes características:

- Valor presente líquido positivo ($VPL > 0$)
- Taxa interna de retorno superior ou igual à taxa mínima de atratividade requerida ($TIR \geq$ taxa atratividade)

2.3.1 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Segundo Casarotto (2008, p.55) “A TMA é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros”. Então a TMA pode ser definida como a porcentagem de lucro que o investidor quer obter para compensar o risco do investimento.

Para optar investir ou não em algum projeto precisamos estipular uma TMA, então assim o investimento só se tornará viável se o retorno do mesmo seja maior que a TMA estipulada.

Um método para estimar a TMA de um projeto é ter como base as taxas de juros praticadas no mercado, uma das mais utilizadas como referência é a taxa de juros proveniente dos capitais investidos em poupança.

2.3.2 Payback

O Payback estabelece qual o período de tempo que o investidor leva para que recuperar o valor inicialmente investido, é uma técnica muito utilizada para a análise de investimentos de projetos para qualquer nível de empresa.

Motta e Calôba (2002, p. 97) Fazem uma observação sobre a utilização do Payback “deve ser encarado com reservas, apenas como um indicador, não servindo de seleção entre alternativas de investimento”. Então ele é muito importante para saber em quanto tempo vai recuperar o capital investido, porém não é recomendado utilizar somente essa técnica para atestar a viabilidade econômica de um projeto.

O Payback pode ser calculado de duas formas, a primeira que é chamada de Payback simples não há nenhum desconto em sobre o capital investido, a segunda forma, denominado Payback descontado, leva esse nome porque é descontado uma taxa, que geralmente é a TMA estipulada pelo investidor. (BRITO, 2006, p.51)

2.3.3 Valor presente líquido – VPL

VPL é uma técnica muito utilizada para a análise de investimentos de projetos para qualquer nível de empresa.

Segundo Brigham e Ehrhardt (2012), se o VPL de um investimento apresentar-se positivo, isso indica que o valor investido será recuperado, ou seja, se o VPL for negativo, isso indica que o investimento não é economicamente viável.

Casarotto e Kopittke (2008, p. 116) analisam que o VPL é estabelecido por um simples cálculo, onde:

Em vez de se distribuir o investimento inicial durante sua vida (custo de recuperação do capital), deve-se somar os demais termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial de cada alternativa. Escolhe-se a alternativa que apresentar melhor Valor Presente.

A equação do VPL é dada da seguinte forma:

$$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TMA)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n}$$

Onde FC_0 representa o investimento inicial, TMA é a taxa mínima de atratividade estipulada pelo investidor, FC_n são as entradas do fluxo de caixa e n é o período de cada entrada.

2.3.4 Taxa interna de retorno – TIR

A TIR de um investimento nada mais é que definir o percentual de remuneração que o mesmo oferece, então, quanto maior for esse percentual mais viável é o projeto. (UNISUL VIRTUAL)

Quando precisamos definir através da TIR se o projeto é viável, precisamos verificar se a mesma é maior ou igual a taxa mínima de atratividade (TMA), se a mesma apresentar-se menor, devemos rejeitar o projeto. (CASAROTTO e KOPPITKE, 2000).

Resumidamente, a TIR representa uma taxa, que se utilizada como TMA do projeto obteria um VPL resultante em zero, onde o lucro líquido pagaria o investimento feito.

Matematicamente, a TIR pode ser encontrada igualando a equação do VPL á zero, ficando da seguinte forma:

$$0 = FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

Onde FC_0 representa o investimento inicial, o FC_n representa as entradas do projeto e o n é período das entradas.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento que vamos aplicar nosso estudo de caso está localizado próximo ao trevo na Rodovia SC-370 em Braço do Norte, Santa Catarina como pode ser visto na figura 15. O posto foi fundado em 1985 e desde então só vem evoluindo junto a demanda do município, e até o momento já se expandiu para outras 3 filiais. É um empreendimento com muito reconhecimento na cidade.

Figura 15 - Localização geográfica do posto.



Fonte: Google Maps, 2017

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DO LOCAL DO ESTUDO

Trata-se de um posto de combustíveis com conveniência que funciona 24 horas por dia. A energia elétrica consumida pelo empreendimento é destinada a alimentar as bombas de gasolina, iluminação, e os aparelhos da conveniência. A energia elétrica do local é fornecida pela CERBRANORTE. O posto possui uma área total de telhado de 1106m².

Figura 16 - Foto do posto de combustível



Fonte: Posto Leão do Trevo

3.2.1 Gasto do consumidor com energia elétrica

No período de março de 2016 a fevereiro de 2017 (12 meses), o posto de combustível teve um consumo total de 194.237 kWh gerando um gasto de R\$ 73.310,23 reais, como pode ser visto na tabela 1. Dados obtidos da concessionária de energia responsável pelo fornecimento de energia da cidade.

Tabela 1 - Dados do consumo e custo com energia elétrica do consumidor.

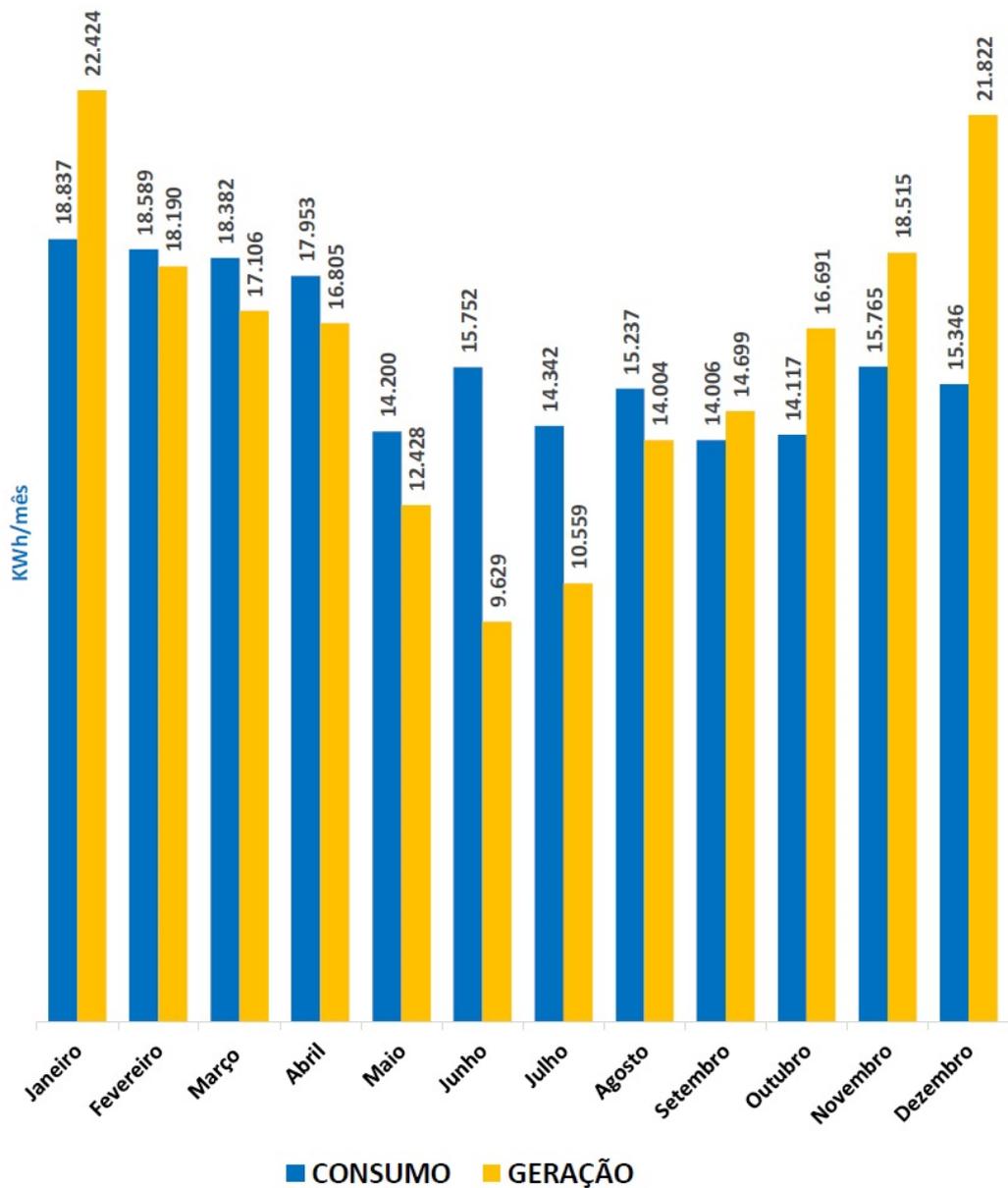
Mês	Consumo Mensal (kWh)	Gasto (R\$)
mar/16	18605	8001,96
abr/16	18787	8343,19
mai/16	14206	5748,17
jun/16	15759	6275,99
jul/16	14433	5922,27
ago/16	15248	6105,28
set/16	14019	5689,54
out/16	14133	4645,19
nov/16	15801	5337,42
dez/16	15370	4936,15
jan/17	18875	5786,07
fev/17	19001	6519
Total:	194237	73310,23

Fonte: CERBRANORTE.

3.3 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PROPOSTO

O sistema de energia fotovoltaica proposto para ser utilizado na edificação foi dimensionado para proporcionar um equilíbrio anual entre o consumo e a energia gerada, com base na RES 482/2012 (ANEEL) onde toda a energia excedente nos períodos onde o consumo foi menor que a geração seja compensada nos períodos que a geração foi menor que o consumo como pode ser observado a seguir no gráfico 1.

Gráfico 1 - Gráfico estimativa do consumo da edificação x geração de energia dos painéis solares.



Fonte: Quality Solar

Serão utilizados 475 painéis fotovoltaicos com potência nominal de 320Wp, que são constituídos pela célula com material de silício policristalino Canadian, para fazer todo esse sistema funcionar será necessário a utilização de 6 inversores de frequência com potência de 25kW. A geração anual de energia do sistema é estimada em aproximadamente 195000 kWh, podendo variar de acordo com a incidência de radiação no local. O sistema irá ocupar 998m² da área de telhado do posto.

Figura 17 - Características gerais do sistema.

Características Gerais do Sistema			
Modelo dos Painéis:	Policristalino Canadian	Modelo do Inversor:	FRONIUS
Potência dos Painéis:	320Wp	Potência Inversor:	25 KW
Quantidade de Painéis:	475	Quantidade de Inversores:	6
Área ocupada:	998 m²	Estrutura de Fixação:	Telha Ondulada - Aluminio

Fonte: Qualitysolar.

Figura 18 - Modelo placa solar de silício policristalino da marca Canadian.



Fonte: Canadian Solar

3.3.1 Orçamento

O custo total da implantação do sistema em orçamento realizado pelo fornecedor Quality Solar foi da ordem de R\$455.895,30. Nesse valor total está incluso todos os equipamentos e serviços necessários para completo funcionamento do sistema, como por exemplo: instalação, inversores, módulos, estrutura de sustentação, kit aterramento, cabos, conectores e string box.

3.4 CALCULO DE VIABILIDADE ECONOMICA

Aplicaremos as técnicas de análise de investimentos que apresentamos na fundamentação teórica para calcular e analisar a viabilidade econômica do projeto diante do orçamento que nos foi apresentado.

3.4.1 PAYBACK SIMPLES E DESCONTADO

Para calcular a viabilidade do projeto, consideramos que nos custos anuais com energia elétrica, haja um reajuste anual de 6,3% a.a. (conforme projeção feita por SALES, 2008) esses valores serão as entradas do projeto, até porque com a instalação do sistema fotovoltaico ele deixara de gastar esse montante podendo utilizar para outros investimentos.

O Fluxo de caixa acumulado representa o Payback simples, ou seja, o tempo de retorno do investimento sem descontar a taxa mínima de atratividade ou taxa de juros. Já o Fluxo de caixa descontado representa o Payback descontado que é o tempo de retorno do investimento considerando uma taxa mínima de atratividade de 10% a.a., essa taxa é estipulada pelo investidor e para esse estudo de caso estipulamos com base na taxa de juros de aplicação do investimento na poupança que gira em torno de 7,2% a.a. somado com *2% pelos custos anuais com manutenção e *0,8% para depreciação anual do sistema.

*Dados informados pelo fornecedor

Por se tratar de um fluxo de caixa estimado podem ocorrer variações.

Tabela 2 - Fluxo de caixa do investimento.

ANO	GASTO ANUAL COM ENERGIA ELETRICA	FLUXO DE CAIXA ACUMULADO	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO	FLUXO DE CAIXA DESCONTADO ACUMULADO
0	-	-R\$ 455.895,30	-	-R\$ 455.895,30
1	R\$ 77.928,77	-R\$ 377.966,53	R\$ 70.844,34	-R\$ 385.050,96
2	R\$ 82.838,29	-R\$ 295.128,24	R\$ 68.461,39	-R\$ 316.589,57
3	R\$ 88.057,10	-R\$ 207.071,14	R\$ 66.158,60	-R\$ 250.430,96
4	R\$ 93.604,70	-R\$ 113.466,44	R\$ 63.933,27	-R\$ 186.497,70
5	R\$ 99.501,79	-R\$ 13.964,65	R\$ 61.782,78	-R\$ 124.714,91
6	R\$ 105.770,41	R\$ 91.805,76	R\$ 59.704,64	-R\$ 65.010,27
7	R\$ 112.433,94	R\$ 204.239,70	R\$ 57.696,39	-R\$ 7.313,89
8	R\$ 119.517,28	R\$ 323.756,98	R\$ 55.755,69	R\$ 48.441,81
9	R\$ 127.046,87	R\$ 450.803,84	R\$ 53.880,27	R\$ 102.322,08
10	R\$ 135.050,82	R\$ 585.854,66	R\$ 52.067,94	R\$ 154.390,02
11	R\$ 143.559,02	R\$ 729.413,69	R\$ 50.316,56	R\$ 204.706,58
12	R\$ 152.603,24	R\$ 882.016,93	R\$ 48.624,10	R\$ 253.330,68
13	R\$ 162.217,24	R\$ 1.044.234,17	R\$ 46.988,56	R\$ 300.319,23
14	R\$ 172.436,93	R\$ 1.216.671,10	R\$ 45.408,03	R\$ 345.727,27
15	R\$ 183.300,46	R\$ 1.399.971,56	R\$ 43.880,67	R\$ 389.607,94
16	R\$ 194.848,39	R\$ 1.594.819,95	R\$ 42.404,69	R\$ 432.012,63
17	R\$ 207.123,84	R\$ 1.801.943,78	R\$ 40.978,35	R\$ 472.990,97
18	R\$ 220.172,64	R\$ 2.022.116,42	R\$ 39.599,98	R\$ 512.590,96
19	R\$ 234.043,51	R\$ 2.256.159,93	R\$ 38.267,98	R\$ 550.858,94
20	R\$ 248.788,25	R\$ 2.504.948,19	R\$ 36.980,79	R\$ 587.839,73
21	R\$ 264.461,91	R\$ 2.769.410,10	R\$ 35.736,89	R\$ 623.576,62
22	R\$ 281.123,01	R\$ 3.050.533,12	R\$ 34.534,83	R\$ 658.111,45
23	R\$ 298.833,76	R\$ 3.349.366,88	R\$ 33.373,20	R\$ 691.484,65
24	R\$ 317.660,29	R\$ 3.667.027,17	R\$ 32.250,65	R\$ 723.735,30
25	R\$ 337.672,89	R\$ 4.004.700,06	R\$ 31.165,86	R\$ 754.901,16

Fonte: Própria.

Através do fluxo de caixa acima já podemos encontrar a data estimada do Payback simples e descontado.

Payback simples

5 anos

$$-\frac{13964,65}{105770,41} = 0,132$$

$$0,132 * 12 = 1,584 \Rightarrow 1 \text{ mês}$$

$$0,584 * 30 = 17,52 \Rightarrow 17 \text{ dias}$$

Payback descontado

7 Anos

$$-\frac{7313,89}{55755,69} = 0,131$$

$$0,131 * 12 = 1,572 \Rightarrow 1 \text{ mês}$$

$$0,572 * 30 = 17,16 \Rightarrow 17 \text{ dias}$$

È possível verificar que com Payback simples o retorno se dá em 5 anos 1 mês e 17 dias mas como não é o mais confiável e recomendado foi feito um novo Payback descontado sendo o mais indicado e confiável de retorno que se dá em 7 anos 1 mês e 17 dias dando mais garantia aos resultados.

3.4.2 VALOR PRESENTE LIQUIDO – VPL

Para encontrar o VPL utilizamos a seguinte equação:

$$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TMA)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n}$$

Onde o investimento inicial do projeto soma com as entradas do fluxo de caixa descontado no período do projeto.

Utilizamos dois períodos para analisar o VPL desse projeto, o primeiro de 25 anos que é referente a vida útil do sistema estimada pelo fornecedor, a segunda de 10 anos é referente ao prazo de garantia dos módulos fotovoltaicos.

$$\begin{aligned} VPL \text{ 25 anos} &= -455.895,30 + 70.844,34 + 68.461,39 + 66.158,60 + 63.933,27 \\ &+ 61.782,78 + 59.704,64 + 57.696,39 + 55.755,69 + 53.880,27 \\ &+ 52.067,94 + 50.316,56 + 48.624,10 + 46.988,56 + 45.408,03 \\ &+ 43.880,67 + 42.404,69 + 40.978,35 + 39.599,98 + 38.267,98 \\ &+ 36.980,79 + 35.736,89 + 34.534,83 + 33.373,20 + 32.250,65 \\ &+ 31.165,86 = 754.901,16 \end{aligned}$$

$$VPL \text{ 25 Anos} = R\$ 754.901,15$$

$$\begin{aligned} VPL \text{ 10 anos} &= -455.895,30 + 70.844,34 + 68.461,39 + 66.158,60 + 63.933,27 \\ &+ 61.782,78 + 59.704,64 + 57.696,39 + 55.755,69 + 53.880,27 \\ &+ 52.067,94 = 154.390,02 \end{aligned}$$

VPL 10 Anos = R\$ 154.390,02

3.4.3 TAXA INTERNA DE RETORNO – TIR

Com ajuda das análises de dados do Excel, fizemos um teste de hipóteses para saber qual a porcentagem de retorno quando o VPL for 0, esse valor encontrado é a nossa TIR do projeto, que é a taxa interna de retorno ao ano desse investimento.

TIR 25 ANOS = 23%

TIR 10 ANOS = 16,63%

4 ANALISE DOS RESULTADOS

4.1 ANALISE DO SISTEMA

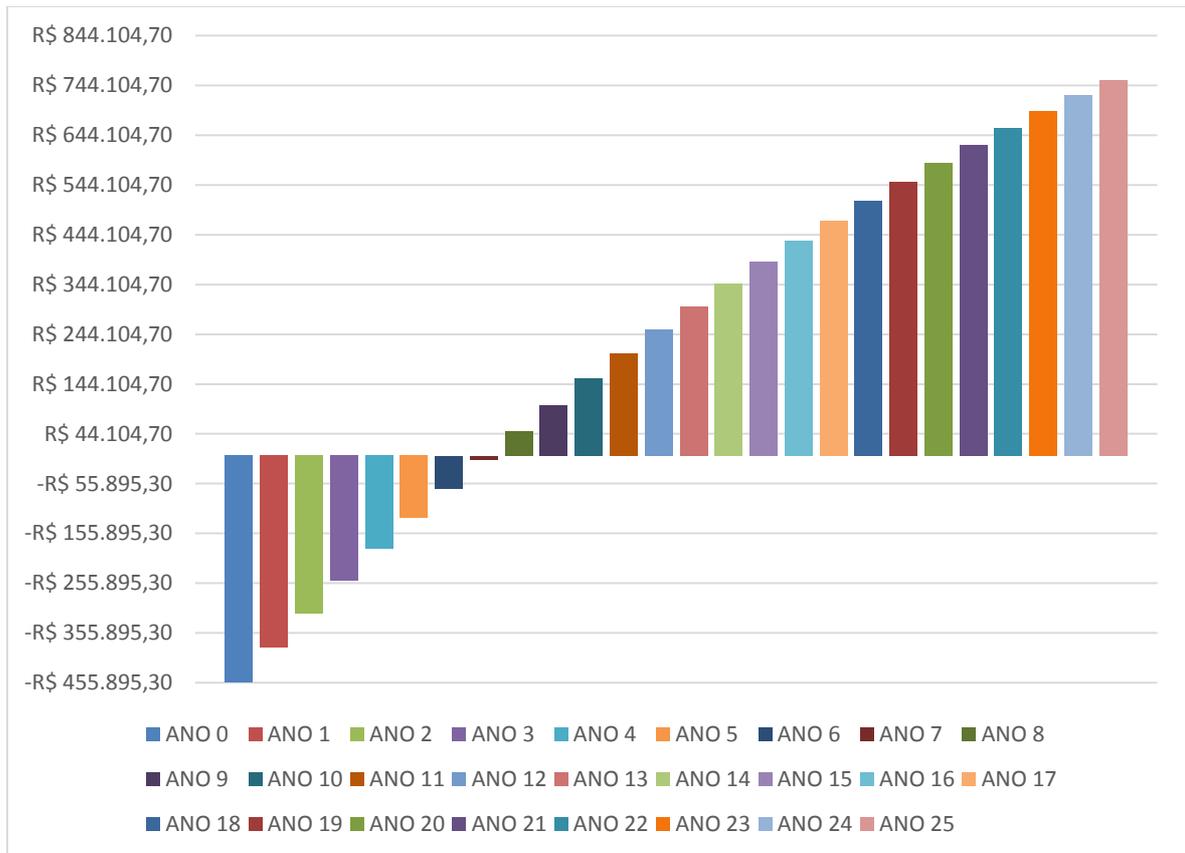
As placas fotovoltaicas vão ocupar uma área total de 998m². Como informado acima o telhado possui uma área total de 1106m², concluindo assim que há espaço suficiente para instalação do sistema fotovoltaico.

O sistema irá gerar aproximadamente 195000 kWh anualmente, e como o consumo anual do posto é aproximadamente 194000 kWh, ele garantirá a redução de até 100% dos gastos com energia elétrica.

4.2 ANALISE ECONÔMICA

Através das análises feita em cima da implantação desse projeto foi concluído que o valor total do projeto será retornado em 7 anos e 1 mês e 17 dias como pode ser visto no gráfico 2, o valor presente líquido (VPL) resultou em 754.901,16 reais e uma taxa interna de retorno (TIR) estimada em 23% adotando uma taxa mínima de atratividade (TMA) na ordem de 10% ao ano dentro do período de vida útil do projeto, que segundo o fornecedor é de 25 anos.

Gráfico 2 - Gráfico de fluxo de caixa descontado estimado e retorno do investimento.



Fonte: Própria.

Também analisamos o investimento em 10 anos, que nesse caso seria o tempo de garantia do fornecedor para os módulos fotovoltaicos e o valor presente líquido ainda se mostrou favorável na ordem de 154.390,02 reais com uma taxa interna de retorno estimada em 16,63% ao ano.

Dentro de todo esse contexto e cálculos apresentados, podemos verificar que o tempo de retorno foi menor que a vida útil do projeto, o VPL apresentou-se positivo e a TIR ficou maior que a TMA concluindo assim que investir nesse projeto, além de ser muito atrativo devido aos benefícios apresentados, ele também se mostrou economicamente viável. É um investimento inicial relativamente alto, porém, a longo prazo se torna muito lucrativo.

5 CONCLUSÃO

Nesse trabalho podemos verificar que investir em um sistema de geração de energia fotovoltaica pode ser muito benéfico a longo prazo.

Verificamos que instalação do sistema que conseguisse gerar 100% da energia consumida anualmente se tornou viável dentro do prazo de vida útil do mesmo e até mesmo dentro dos prazos de garantia dos módulos. O período de retorno do investimento se dá antes da metade da vida útil do sistema o que já retrata a sua alta viabilidade.

Podemos destacar também que um dos fatores mais importantes para garantir a viabilidade desse projeto foi a RES 482/2012 da ANEEL, que através da transformação da energia excedente em créditos para ser aplicados em meses de menor potencial de geração.

Este trabalho também nos provou que investir nessa forma de sustentabilidade, além de estar colaborando com o meio ambiente, o investidor pode estar tendo um retorno financeiro para sua empresa, e ainda por cima trazendo uma boa imagem para a empresa com relação a sociedade.

A energia fotovoltaica é um tecnologia ainda em expansão no Brasil, e a tendência é cada vez mais crescer e conseqüentemente diminuir seu custo de aquisição, atraindo muito mais consumidores, contribuindo assim, para o desenvolvimento de uma matriz energética que cause cada vez menos impacto ao meio ambiente.

Devido aos resultados positivos deste trabalho, sugerimos para futuras pesquisas o estudo de implantação de outros sistemas voltados para a sustentabilidade, como por exemplo, captação da água da chuva, devido ao fato do posto possuir uma grande área de telhado.

REFERÊNCIAS

- MACHADO, Cristiane Salvan et al. **Trabalhos Acadêmicos Unisul**: apresentação gráfica 2ª ed. rev. e atual. Palhoça: Ed. Unisul, 2013.
- ANEEL. **Resolução Normativa 482/2012**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> > Acesso em 17 mai. 2017.
- CEPEL; CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2014. Disponível em < http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf >. Acesso em 12 mai. 2017.
- CASAROTTO; KOPITCKE. **Análise de investimentos**. 10 ed. São Paulo; Atlas 2008.
- MOTTA, Regis da Rocha & CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de Investimentos: Tomada de Decisão em Projetos Industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.
- BRITO, Paulo. **Análise e Viabilidade de Projetos de Investimento**. 2ed. São Paulo; Atlas 2006.
- GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4º ed. São Paulo; Atlas 2006.
- GUERRA et al¹, 2014, **Desenvolvimento sustentável e meio ambiente: estudos e perspectivas**. Organizadores José Baltazar Salgueirinho Osório de Andrade Guerra ... [et al.] – Florianópolis: Consorcio Projeto REGSA, 2014.
- PEREIRA; MARTINS; ABREU; RÜTHER. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. INPE 2006. Disponível em < http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf >. Acesso em 20 mai. 2017.
- ALMEIDA, P. M de, **Condicionamento de Energia Solar Fotovoltaica para sistemas interligados à Rede Elétrica**, mai. 2011. Disponível em: < <http://www.ufjf.br/labsolar/files/2011/05/Condicionamento-da-Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf> >. Acesso em 15 mai. 2017.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2012**, Ano Base 2011. Rio de Janeiro: EPE, 2012. Disponível em < https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf >. Acesso em 21 mai. 2017.
- CEPEL ELETROBRAS. **Energia Solar Princípios e Aplicações**. CRESESB, 2006. Disponível em: < http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf > Acesso em 29 mai. 2017.

GREENPRO. **Energia Fotovoltaica – Manual Sobre Tecnologias, Projeto e Instalações**. União Europeia: ALTENER, 2004.

MOLINA JR, Walter F.; ROMANELLI, Thiago Libório. **Recursos Energéticos e Ambiente**. 1ª ed. Curitiba-PR: Intersaberes, 2015.

MIRANDA, Joseane Borges de. **Engenharia Econômica**. 1ª ed. rev. Palhoça: Unisul Virtual, 2011.

BISCHOFF, Lisandra. **Análise de Projetos de Investimentos**. 1ª ed. Editora Ferreira, 2013.

RÜTER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1ª ed. Florianópolis: UFSC; LABSOLAR, 2004. Disponível em < <http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf> >. Acesso em 15 mai. 2017.